

IN THE U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicants: Taeko HAYASE et al. Conf.: 3991  
Serial No.: 09/996,946 Art Unit: 1771  
Filed: November 30, 2001 Examiner: E. Cole  
For: CLEANING SHEET

DECLARATION UNDER 37 C.F.R. §1.132

Assistant Commissioner for Patents  
Washington, DC 20231

April 30, 2003

Sir:

I, Shusuke KAKIUCHI, do declare and say as follows:

1. I am one of the inventors of U.S. Patent Application Serial No. 09/996,946, filed November 30, 2001, and I am familiar with the contents of the application, its prosecution before the U.S. Patent and Trademark Office, and the references cited therein. I am a citizen of Japan, residing at 103 3-1-2 Gion, Minamikawachi-Machi, Kawachi-Gun TOCHIGI 329-0434 ,JAPAN. I received a Bachelor's degree from Kyushu University in 1984 and a Master's degree in 1986 in Faculty Agriculture. I have worked in the development of household cleaning wipes for 16 years.

2. The Examiner has rejected claims 1, 3-8 and 13-16 under 35 U.S.C. § 103(a) as being unpatentable over Kobayashi et al., EP 0 926 288 in view of Laun, U.S. Patent No. 6,087,279.

I have studied the contents of Kobayashi et al., EP 0 926 288 and Laun, U.S. Patent No. 6,087,279. In particular, I have studied the Examiner's modification of the Kobayashi et al. non-woven fabric in view of the Laun reference to include the structures 4 and 5 of Laun thereon and to include a fiber diameter within the range of 10 to 150 dtex as required by the independent claims of the present invention. I submit that it would not be possible to form the structures 4 and 5 of Laun on the non-woven fabric of Kobayashi et al. In addition, I submit that increasing the fineness of the fibers to 10 to 150 dtex would prevent the non-woven fabric of Kobayashi from being constructed as intended by this reference.

Referring to the Laun reference, the material of Laun includes structures 4 and 5, which are formed by needling the fibers to form yarn loops 14 or open yarn loops 15. It is believed that the open yarn loops 15 of Laun are considered to be the tips of thermoplastic fibers of the presently claimed invention. In addition, it is believed that it is the Examiner's position that it would be obvious to modify Kobayashi et al. to include a number of the tips of open yarn loops to be within the range of 20 to 4000/cm<sup>2</sup> as in the present invention. I do not believe that such a modification would be obvious.

As mentioned above, the non-woven material of Laun is an dry-process material. This fact can be clearly understood from the attached English translation of the relevant portions of the Japanese document entitled "Nonwoven Fabric and Carpet Book Nonwoven Fabric." Referring to Table 2.1, a dry-process and a wet-process for forming a non-woven material are set forth. In Table 2.1, it can be clearly understood that a "needle punch method" of making a non-woven is a dry-process. The needle punching method of making a non-woven material is also described at paragraph 3.1.2 of the above document.

In Kobayashi; however, the non-woven material is a wet-process (wet laid material, see paragraph [0013] of Kobayashi). The wet laid process is described at paragraph 3.2 of the Japanese document. As can be clearly understood from Table 3.7 of the Japanese document, the fiber length of a wet laid non-woven material is "less than 10 mm." However, the fiber length of the "mechanical bonding type (needle punched)" non-woven fabric is 25 to 102 mm. In view of this, it becomes clear that a fiber length of much greater than the 15 mm maximum fiber length of the present invention is necessary to form a needled or needle punched non-woven material.

In particular, in order to form the open yarn loops of Laun in a non-woven fabric, it would be necessary to provide a fiber length that is much higher than the fiber length of 15 mm of the present invention. One reason for this is that a sufficient length of fiber must remain in the fabric in order to prevent the loops from falling out of the fabric. Referring to column 4, lines 64-65 of Laun, the "loop height can be between 3 and 12 mm, preferably 5 to 7 mm." In order to form a loop height of, for example, 3 mm, it would be necessary to have a 6 mm length of fiber to form the loop alone (3 mm for one leg of the loop and 3 mm for the other leg of the loop). In view of this, only 4.5 mm would remain to hold each of the legs of the loops in the non-woven fabric. I submit that the fibers would not hold in the fabric with only 4.5 mm of fiber to hold. Accordingly, the modification proposed by the Examiner would not be possible.

With regard to the Examiner's modification of the Kobayashi material to include a fineness of 10 to 150 dtex, I do not believe this would be an obvious modification of the Kobayashi material. First, the Laun material is constructed from a dry-process, i.e., needle punched non-woven material. In view of this, the material of Laun is completely different from the wet laid material of Kobayashi. As can be understood from the

Japanese document, non-woven materials made from wet processes and dry processes are manufactured in completely different ways and the resulting product is completely different in structure and function. In view of this, I do not believe that one having ordinary skill in the art would look to a dry process to modify a material made from a wet process.

In addition, the Kobayashi material requires a fine fiber in order to construct a material within the scope of the disclosure of Kobayashi. Referring to paragraph [0016] of Kobayashi, it becomes clear that it is necessary to use fibers that are fine and flexible in order for the non-woven fabric to have the protuberances 51 formed thereon by the forming elements 34. In view of this, it would be contrary to the teachings of Kobayashi et al. to increase the fineness to the extent necessary to meet the claims of the present invention. Specifically, it would be necessary to increase the fineness of the fibers of Kobayashi by ten (10) times in order to arrive at the present invention. I submit that if such a modification of the fineness of the fibers were performed, the protrusions 51 on the non-woven fabric of Kobayashi would not hold. Therefore, it would be impossible to make the non-woven fabric of Kobayashi in the manner intended by this reference.

In view of the above, I do not believe that the Examiner's rejection in view of the Kobayashi et al. and Laun references is reasonable. I therefore request that the Examiner withdraw this rejection.

3. I hereby declare that all statements made herein of my own knowledge are true and that all statements made on information and belief are believed to be true; and further that these statements were made with the knowledge that willful false statements and the like so made are punishable by fine or imprisonment, or both, under Section 1001 of Title 18 of the United States Code and such willful false statements may jeopardize the validity of the application or any patent issuing thereon.

April 25, 2003  
Date

By Shusuke Kakiuchi  
Shusuke KAKIUCHI

著 者 前 工業技術院繊維高分子材料研究所  
主任研究官  
現 不織布工業会専務理事

不織布およびカーペット  
不 織 布 編

¥ 2,600.-

昭和49年8月22日発行

著 者 土 林 貞 雄  
発行兼人 沢 渡 延 好

発行所 繊維技術研究社

〒105 東京都港区新橋1丁目4-3 (土橋ビル)

電話 東京(03) 571-1730・6651

振替口座 東京 29377

# 不織布およびカーペット

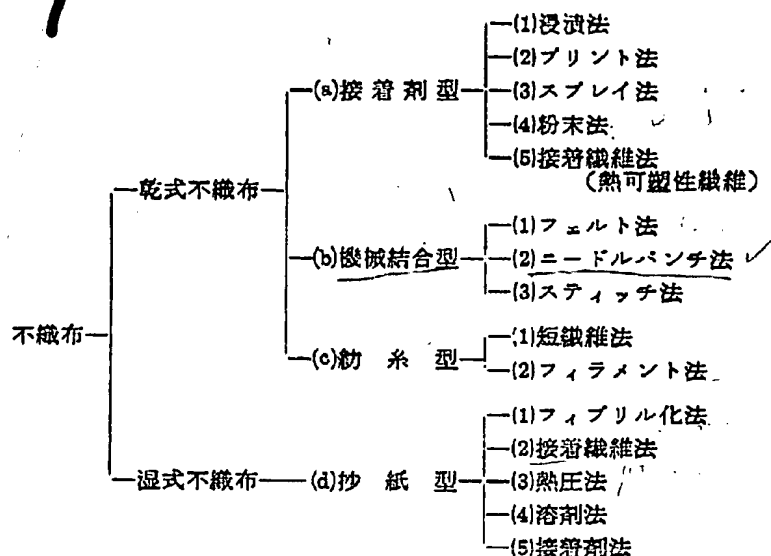
## 不織布編

### 目次

1. 不織布の歴史 .....	1
2. 不織布の分類 .....	2
3. 不織布の製造方法 .....	3
3.1 乾式不織布 .....	3
3.1.1 接着剤型不織布 .....	3
3.1.2 機械接合型不織布 .....	7
3.1.3 紡糸型不織布 .....	11
3.2 湿式不織布 .....	16
4. 不織布の性質 .....	19
4.1 乾式不織布 .....	19
4.1.1 接着剤型不織布の性質 .....	19
4.1.2 機械接合型不織布の性質 .....	48
4.1.3 紡糸型不織布の性質 .....	54
4.2 湿式不織布 .....	58
5. 不織布産業の動向 .....	66
5.1 乾式不織布業界の現状 .....	66
5.2 湿式不織布業界の現状 .....	86
6. 不織布の試験方法 .....	95
7. 付表および付図 .....	130
8. 付 録（不織布工業会会員名簿） .....	139



表 2.1 不織布の分類



乾式と湿式の区別は、ウェブの形成を乾燥状態で行なうか、あるいは湿潤状態で行なうかということで区別される。すなわち乾式では、空気中で繊維をウェブ状に形成するのに対して、湿式では繊維を液中に分散させ、これをすくいあげるようにしてウェブを得ている。要するに、繊維を分散する媒体が空気か、液体かで区別しているわけである。

乾式不織布で最も一般的に多く利用されているのは接着剤型である。これはウェブ中の繊維を結合し安定化させるのに接着剤を用いるわけで、通常はエマルジョン型接着剤の中にウェブを浸漬する方法がとられる。このほか部分的に接着するプリント法など幾つかの方法が行なわれている。最近では接着剤の代わりに溶剤によって繊維を膨潤または溶解させて結合する方法も研究されている。

機械結合型のフェルト法は、前述したように羊毛による従来のフェルトは対象外であるが、ここでいう方法は、針の側面に「とげ」のあるものでウェブを突き刺して繊維をからませたのち、薬品とか熱の作用でフェルト状としたいいわゆるパンチングフェルトである。この種のものに、1955年に H. G. Lauterbach が熱可塑性繊維を用いてつくった人造フェルトがあり、ガラス拭きその他各種のフィルター、灯芯、給油材、研磨材、医療用などに広く用いられている。原料繊維もポリエステル（デクロン）、アクリル（オーロン）、ポリテトラフルオロエチレン（テフロン）などが用いられている。ニードルパンチ法による不織布はカーベ

ットとしてフェルトメーカーをはじめ多くの企業が製造している。ミシンまたはメリヤス組織でウェブをステッチする方法はヨーロッパで発達したもので、その代表的なものに東ドイツのマリワット (Maliwatt) とチェコのアラクネ (Arachne) がある。わが国ではまだ試験段階といった状況である。ニードルパンチ法にしても接着剤を用いて表面の毛羽を伏せたり、形態安定性あるいは強さを増強する目的で浸漬あるいはスプレイ法をはじめ、いろいろな接合法が併用されている。

紡糸型は、古くはガラス繊維によるマットの製造に用いられており、溶融したガラスを圧搾空気や高圧蒸気をノズルから噴出させる方法で短繊維とし、接着剤のスプレイされている中を通してコンベヤ上に堆積してマットをつくっていた。最近の紡糸型不織布は、紡糸したフィラメントを静電気や乱気流を利用してランダムにコンベヤ上に配列させてウェブをつくる方法で、アメリカの Du Pont 社、西ドイツの Cal Freudenberg 社をはじめ幾つかの方法が開発されている。この紡糸型不織布は、新しいタイプの製品が得られるので大いに注目されている。紡糸ノズルの移動による網状不織布の開発研究も行なわれている。最近、イギリスのICI社で長繊維だけではなく短繊維をも同様に使えるメルデッド（混成）ファイバー・テクニックが開発されている。

湿式不織布の製造には、従来からある製紙機が使用される。レーヨンやアクリル繊維のようにフィブリル化しやすい繊維の場合はフィブリル化法が、疎水性の一般合成繊維の場合は接着剤やあるいは無機溶剤を用いて膨潤接着する方法がとられる。融点の低い繊維を混入しておいて、乾燥シリンダーで乾燥する際に熱接着させる方法も用いられている。接着剤として使用する特殊タイプの繊維状のものが、前述したように幾つか開発されている。

### 3. 不織布の製造方法

#### 3.1 乾式不織布

##### 3.1.1 接着剤型不織布

ラッシングおよびフロック加工,あるいは染色,捺染などがある。一般には不織布は製品になってからのいわゆる反染ということはほとんどなく,接着剤液中に染料または顔料を分散させておき,乾燥の際に接着剤とともに固着させるという方法が普通だが,衣料あるいはインテリア用となると染色方法も重要な課題となる。

### 3.1.2 機械結合型不織布

#### → (A) ニードルパンチ法

1955年に H. G. Lauterbach が,熱可塑性繊維からなるウェブをニードルパンチで処理したのち,製品あるいは熱効果によって人造フェルトをつくる方式を発表している。このニードルパンチ機は,1900年にアメリカの James Hunter 社が開発したといわれ,わが国にもすでに1935年頃に採用されていた。また,いわゆる羊毛でつくられるニードルフェルトそのものは,約100年程前からつくられていたという。麻その他屑繊維をニードルパンチした製品は,カーペットの下敷をはじめ各種のクッション材,断熱材,吸音材,防振材などに用いられた。この種のものは,いまなお多量に使われている。

このように,ニードルパンチの手法は昔からフェルト業界では使用されていたものだが,1950年頃から,各種の合成繊維や高分子接着剤などの発達に刺激され,合成繊維に適合する高性能のパンチ機が開発されるにおよんで,その効用が再認識されたというわけである。

ニードルパンチ機としては,前述したアメリカの James Hunter 社のファイバー・ロッカー,イギリスの Bywater 社のニードル・ルームなどが代表的といえよう。わが国でも大隈鉄工,寿工業,鳥越紡機などが製造している。ヨーロッパでは,ニードルパンチ法よりも,後述するスティッチ法が多く採用されている。

ニードルパンチ機は,繊維ウェブを間歇的に進行させて,静止時に針の先端部分に倒鉤 (barb) をもつ針でパンチングを行なうという簡単な機構で,フィード・ラチス,パンチ機構,捲取装置の3部からなっている。パンチングを終ったウェブは,ニードルボードが上った時に一定長さだけ進行される仕組みになっている。ニードル部分の断面を図3.8に,パンチ部の概要を図3.9に示す。

ニードルの断面は円形,四角形,三角形などい

図3.8 ニードル部分の断面

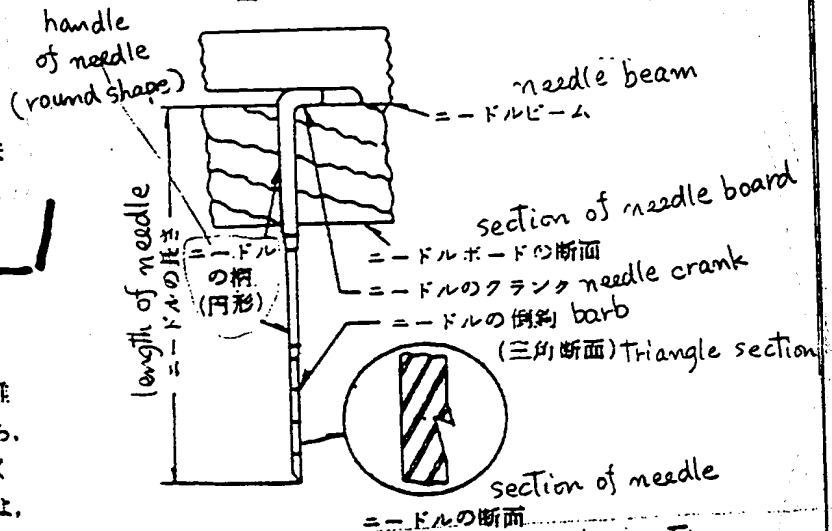
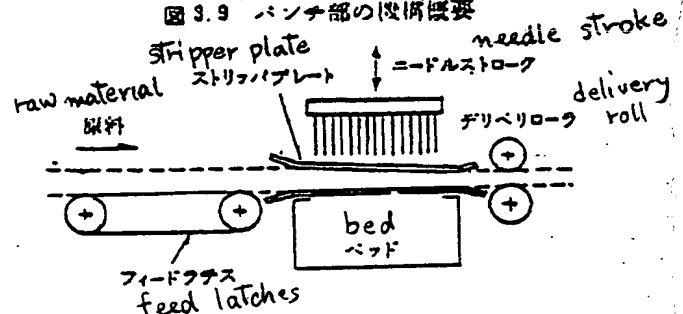


図3.9 パンチ部の機構概要



ろいろなものが,またバープの形状についても各種の考案が発表されているが,現在,最も多く使用されているのは断面が三角形で,一般に3個あて合計9個のバープがついているものである。当初はパンチ機も輸入機が多く,したがってニードルもアメリカの Towrington 社や Textile Machine Works 社製のものが多く採用されていたが,パンチ機の国産機が開発されるにしたがって,最近では国産品も多く使われている。

James Hunter 社のファイバー・ロッカー8型の仕様を参考までに示すとつぎのとおりである。

作用幅	2,286mm	機高	2.19m
最大機幅	4.2m	機長	4.82m
ニードルボード面積	2,320mm×292mm		
ニードル本数	4,140本 (180本×23列)		
ニードルのストローク長	76mm		
ニードルのストローク速度	700/min		
(注: 常時運転では550/minまでが適当)			

国産機の仕様を示すと表3.3のとおりである。

最近では,パンチ機の改良で,エンドレスの継目のない製品がつくられるようになった。図3.10

表 3.3 国産ニードルロッカの仕様 (例)

機械の呼称幅 (mm)	1,800 (72") ~ 14,300 (520")
ニードルの呼称寸法 (長さ, mm)	76 (3") ~ 101.6 (4")
ニードルの植面積 (mm)	1,828 × 252 ~ 14,250 × 232
ニードルの植数 (本)	3,312 ~ 19,040 (144本 × 23列) (1,120本 × 17列)
ニードルのストローク長さ (mm)	60 ~ 76
ニードルのストローク数 (/min)	80 ~ 700
毎ストローク送り出し量 (mm)	2.5 ~ 20

FIG.

図 3.10 エンドレス・フェルトの製造方法

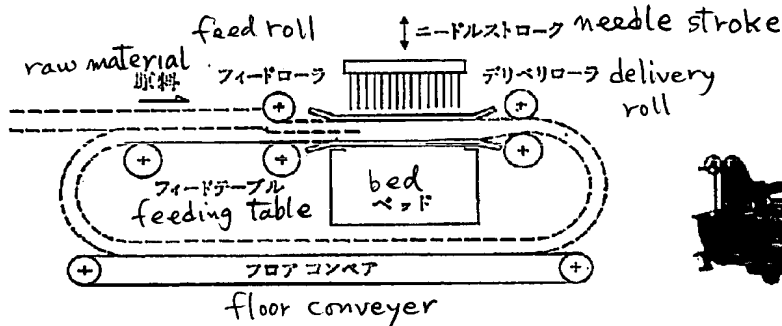
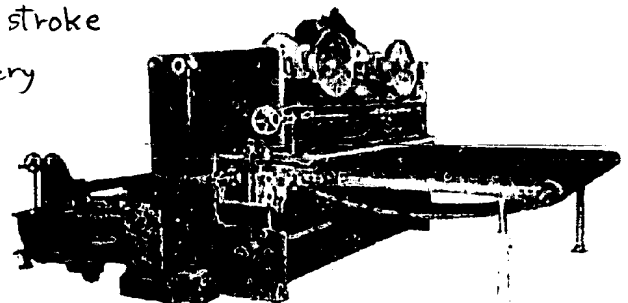


FIG.

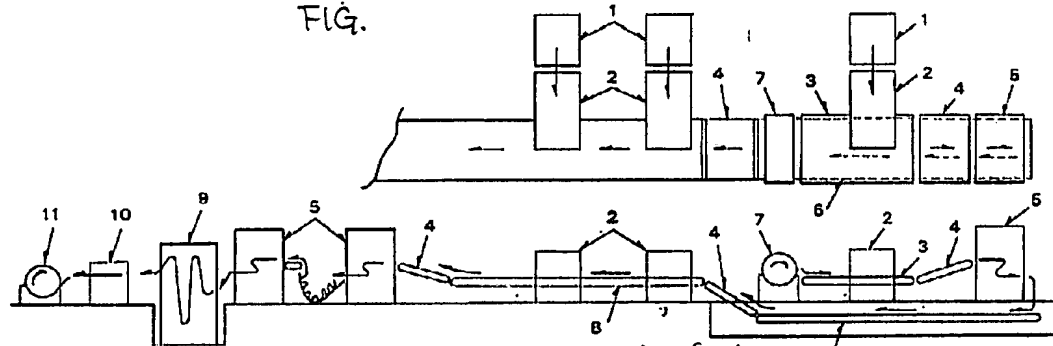
domestic  
図 3.11 国産 Needle Locker



needle punch carpet manufacturing process  
(example)

図 3.12 ニードルパンチカーペット生産工程 (例)

FIG.



garnet machine

- 1...ガーネットマシン
- 2...ウェブレイヤー(水平型)
- 3...ラップコンベア
- 4...傾斜コンベア
- 5...ニードルロッカー
- 6...ラップコンベア

- 7...スクリム供給装置
- 8...ラップコンベア
- 9...ダンサーローラ
- 10...カッター
- 11...巻取装置

scrim feeder

lap conveyor

roll

dancer

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

roll

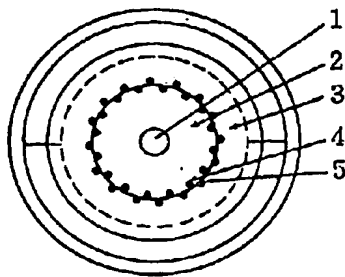
はこの種の製紙用フェルトの製造方法を示したものである。

図 3.11 は国産ニードルロッカーの外観を示したもので、図 3.12 はニードルパンチカーペットの生産工程例を示したものである。

一般に使用されるのは作用幅 2 m 程度で、製紙用では 3 ~ 5 m の広幅ものが用いられる。針数は作用幅 2 m もので約 4,000 本といったものが多い。毎ストローク送り出し量は 4 ~ 7 mm、ニードルのストローク数 (パンチ速度) は 300 ~ 550/min 程度が一般的のようである。

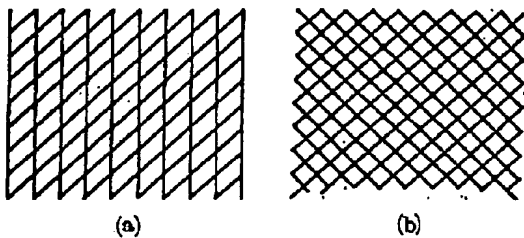
通常、パンチ回数が 1 回では適当な繊維の結合効果が得られないため数回行なわれる。このため、最近では 2 枚のニードルボードを備えた機械が製造されている。また、パンチ方向も垂直のほか斜め突きのものがある。

図3.34 PTAL 社の回転ダイス



吐出し、それぞれの相対運動の条件にしたがって種々の形状のネットワーク・チューブをつくる。これを縦に切断するとネットワークシートが得られる。吐出口の(4)と(5)が重なるごとに節ができるわけである。図3.35にネットワークの例

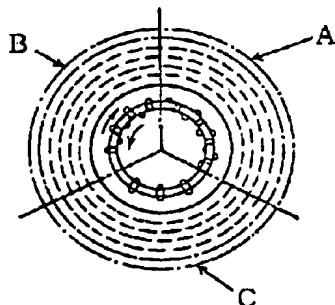
図3.35 PTAL 社の装置によるネットワーク (例)



を示す。(a)は吐出口(2)のみが回転し、吐出口(3)が回転しない場合の形成であり、(b)は吐出口(2)と(3)が反対方向に回転した場合の形成を示す。

アメリカの Du Pont 社は3つの吐出口群からなる図3.36に示すような装置を開発している。(A)の部分では内、中、外の吐出口がはなれており、(B)では中と外の吐出口が重なっている、また(C)は

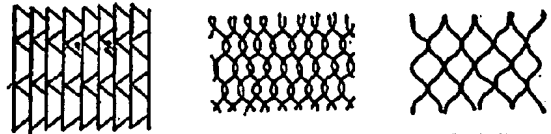
図3.36 Du Pont 社の3層円形ダイス



内、中、外のそれぞれの吐出口が一緒になっている。このような場合だと(B)では2本のフィラメントが節をつくり、(C)では3本のフィラメントが節をつくることになる。この装置によるネットワ

クの例を図3.37に示す。

図3.37 Du Pont 社の装置によるネットワーク (例)



## 3.2 湿式不織布

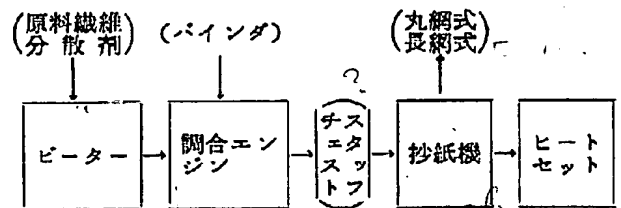
紙は、原料パルプを水中で叩解 (beating) してフィブリル化し、これを水に分散させ化学的に水和 (hydration) させ、この分散液を網ですくい上げ、脱水乾燥してつくられるもので、フィブリル化した繊維がからみ合い、また繊維分子間の水素結合によって接合されている。

湿式不織布は、化学繊維を原料とし、合成樹脂接着剤を用いて紙の製法に準じて製造された不織布で、化繊紙、合繊紙ともよばれ、布よりはむしろ紙に近い性質を一般にもっている。しかし、普通の紙に比べれば性能はるかに強く、耐湿性も強く、耐候性、耐薬品性、電気絶縁性にもすぐれている。最近ではドレープ性をもたせる研究が進められているので、しだいに布に近いもの

がつくられることになる。つぎの表3.7は湿式と乾式不織布の各製造法ごとの特徴をあげたものである。これらの特徴は、機械の種類、ウェブ形成方法、使用繊維、接着剤の種類、仕上げ方法などによって異なるもので、表3.7にはごく一般的な目安程度と考えて対照されたい。

湿式不織布の製造装置は、普通の製紙機が使用される。その製造工程は図3.38に示すとおりである。

図3.38 抄紙方式による湿式不織布の製造工程



### (1) 原料繊維

抄紙法では原料繊維は普通 10mm 以下にカットされる。この繊維の切断の良否が製品の品質を大きく左右する。希望する一定長に揃えて切断することは案外むづかしく、ミスカットによる長織

表3.7 湿式法と乾式法の特徴

項 目	製法区分	式		
	抄 紙 型	接 着 剤 型	機 械 結 合 型	紡 糸 型
製 品 の 均 質 さ	均一で斑は少ない	斑がでやすい	斑がでやすい	製法により異なる
製 品 の 厚 さ	薄いものができる	比較的厚い	厚 い	薄いものができる
繊 維 長 (mm)	10以下	25~76	25~102	無 限
生 産 速 度 (m/min)	100~300	6~20	0.5~2.5	4~5
製 品 の 風 合 い	紙に似てかたい	やや柔かい	柔かい	柔かい
引 張 強 さ	強 い	弱 い	やや弱い	強 い
引 裂 強 さ	弱 い	強 い	強 い	強 い

維の混入は、ごくわずかな場合でもこれが核となって繊維塊ができるので許されない。繊維が熱可塑性の場合は、切断時の発熱によって切断面が融着することがあり、これも塊の原因となるので、通常は水で濡らして切断する。

繊維束の切断にはギロチンカッターおよびロータリーカッターが用いられる。ギロチンカッターは、その名からも想像しうるように、上下運動するカッターによって繊維束を切断する。ロータリーカッターは、回転軸に対して衛星運動している2枚の回転円形ナイフによって交互に繊維束を切断する機械である。ロータリーカッターはギロチンカッターの約2.5倍の切断能力をもっている。

原料繊維はレーヨン、ビニロン、ナイロン、アクリル、ポリエステルなどが、その目的に応じて単独、または混合して用いられる。

レーヨンは親水性でフィブリル化する性質があるので製造しやすく、また絡合性もよく、吸水性があって染色性がよく、光沢、美しさがあり安価な点から非常に多く用いられている。繊維長は4~5mmで未乾燥のまま袋詰めにして供給される。American Viscose社は部分水酸化によって叩解しやすくしたレーヨン、普通レーヨンと混合して接着剤として用いる Avisco' Fiber 776 という親水性の繊維素エーテル繊維、偏平中空で自己接着型の水溶性レーヨンR D-101など特殊な繊維を開発している。

ビニロンは比較的親水性で吸水性も高く、熱に対して安定度があり、また絡合性もよく、耐摩耗性もかなりよいので、合繊紙の重要な原料である。ビニロン繊維製造過程における中間体の、熱処理

およびアセタール化されていない易溶性PVA繊維は、繊維状バインダとして用いられる。

ナイロンは弾性に富み、引裂や折曲げに強く、耐摩耗性も高く、油性インクによる印刷性のある製品が得られる。とくに耐折強度は合繊紙の中では最大である。捲縮繊維を用いると、かさ高で見掛け比重を小さくすることができる。

アクリルは、紡糸原液にビニルオクタチルエーテル、または亜硫酸などを1~3%入れて紡糸するとフィブリル化しやすくなるので、バインダなしで強度の高い製品をつくることができる。耐候性、耐薬品性、耐かび性を目的とした製品に用いられる。10%のPVA繊維をバインダとして混抄した製品は、木材パルプよりも約3倍の電気抵抗値を示し、電気絶縁性も良好である。

ポリエステルは、ナイロンより剛直なため均一な地合にすることがむづかしいが、製品は電気絶縁性がよく、腰と反撥力が大きく寸法安定性に富んでいる。

このほかにポリ塩化ビニル系繊維、ポリオレフィン系繊維も原料として用いることができるが、繊維度の細いものが得難いのと、疎水性が大きいことや比重の点（ポリ塩化ビニルは大きすぎ、ポリオレフィン小さすぎ）で分散が悪いといった難点があるので、工業的にはほとんど製造されていない。

原料繊維の繊維長と繊維度は、抄造工程とは重要な関係があって、一般には、繊維長と太さの比が500:1以上では抄造できないといわれている。繊維長が短いと繊維の分散は容易で抄造しやすいが、緻密になってペーパーライクになりがちで

ある。繊維長が長いと繊維の分散が困難で抄造はむづかしいが、布に近いものが得られる。

つぎの実験式は、抗張力や破裂強度を最大にするための、繊維長と太さとの関係を示すものである。

$$\text{繊維長 (インチ)} = 0.2 \sqrt{\text{太さ (デニール)}}$$

表 3.8 はアメリカにおける合紙用紙のナイロンとポリエステル、繊維長と織度を示したものである。

表 3.8 合紙用紙の繊維長と織度

項 目 繊 維	繊維長(in)	織 度(d)
ナ イ ロ ン	1/4	1.5
	3/8	3.0
	1/2	6.0
	3/4	15.0
ポ リ エ ス テ ル	1/4	1.5
	3/8	3.0
	1/2	6.0

## (2) ビーター

ビーターは繊維を攪拌し分散させるための装置で、切断した繊維を 1.5% 位の繊維濃度に水で薄め、これに分散剤を添加して攪拌し、かつ繊維を叩解して十分に分散させる。

木材パルプの分散剤としては、古くからトロロアオイ粘液が用いられている。分散剤の添加は、溶液の粘度が高くなると同時に、分散剤の分子が繊維の表面に吸着して表面電位を高め、相互の電気的反撥力を強めて、繊維の沈降速度を遅くし均一な分散をはかるためである。トロロアオイ粘液

は化繊などにもすぐれた分散剤であるが、現在工業用にはポリアクリル酸ナトリウム、ポリエチレンオキサイド、ポリ燐酸などが使用されている。

ビーターは製紙用の普通のもの、たとえば図 3.39 に示すホーレンダ型叩解機が用いられる。流水と回転ブレードの作用によって集束している繊維群を分散させる。

## (3) 調合エンジン

調合エンジンでは、ビーターで十分に分散した繊維液をさらに加水して繊維濃度約 0.6% に調合する。ここでバインダを添加して十分に混合した後、スタッフチェストを経て、スクリーンで不純物や分散不十分な繊維を除去して、つぎの抄紙機に送る。

バインダとしては、前述したようにビニロン製造の際の中間体である繊維状バインダの易溶解性 PVA 繊維の「フィブリボン」が賞用されている。この繊維は 50~80℃ の水に溶解し、水中では高度の水和膨潤を起こし、軽度の接着性を生じる。湿潤繊維を急速に加熱すると高度の接着力を生じ、乾熱すれば難溶性となる。

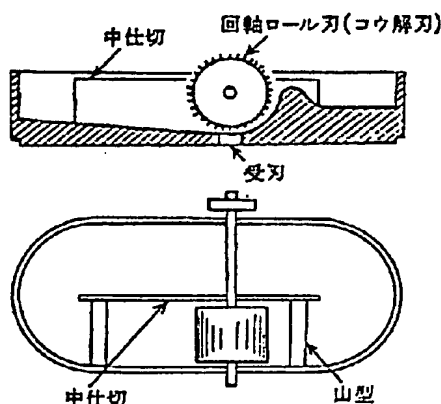
このほかにも、繊維状バインダとしては先に述べた American Viscose 社の RD-101、また自己接着型として Avisco Fiber 776 がある。さらに Du Pont 社の熱溶融型の Fibrid がある。これにはナイロン繊維用の Fibrid 101、エステル繊維用の Fibrid 201、アクリル繊維用の Fibrid 301 および 302 などがある。

また叩解したパルプ、マニラ麻などのいわゆるフィブリル化した天然繊維は、化繊紙のバインダとして用いられるが、この場合は耐水性を向上す

表 3.9 合紙紙のバインダ処理剤

繊 維	処 理 剤
ポリエステル	チオシアン化マグネシウム $[\text{Mg}(\text{CN})_2]$ 、チオシアン化カルシウム $[\text{Ca}(\text{CNS})_2]$ の 5—10% 水溶液
アクリル	同上および 臭化カルシウム $[\text{CaBr}_2]$ 、臭化亜鉛 $[\text{ZnBr}_2]$ 、臭化リチウム $[\text{LiBr}]$ 、プロピレン、カーボネート
ナイロン	石炭酸溶液、N メチロール・ポリアミドのメタノール溶液、フェノール
アセテートレーヨン	アセトン、メチル・エチル・ケトン

図 3.39 ホーレンダ型叩解機



445-0313P

NONWOVEN FABRIC

TABLE 2.1 classification of nonwoven fabric

Nonwoven fabric	Dry-process nonwoven fabric	Glue type	Dipping method
			Printing method
			Spray method
			Powder method
			Bonding fiber method (thermal plastic fiber)
		Mechanical bonding type	Felt method
			Needle punch method
			Stitch method
		Spinning type	Short fiber method
			Filament method
	Wet-process nonwoven fabric	Papermaking type	Fibrillation method
			Bonding fiber method
			Hot pressing method
			Solvent method
			Glue method

Differentiation between dry-process and wet-process is determined by whether a web formation is made under the dry status or wet status. In dry-process web is formed from fibers in air, in wet-process web is formed by scooping fibers dispersed in liquid. In other words it depends on whether the disperse medium to disperse the fibers is air or liquid.

In dry-process nonwoven fabric, Glue type is generally most popular nonwoven fabric. Glue type uses glue to bond and stabilize fibers in the web, which is normally made by dipping a web in emulsion type glue. Other methods including printing method for partial bonding has been used. Recently bonding made by swelling or dissolving fibers in solvent instead of using glue has been studied.

Felt method of mechanical bonding type, apart from conventional felt made of wool, is so-called punching felt method that fibers in web is entwined with each other by thrusting a needle with thorns on the side into the web and then the web is turned to felt-like materials by using behavior of heating or chemicals. Artificial felt is one of this type which is made by H.G. Lauterbach in 1955 using thermal plastic fiber and widely used as a glass-wipe, various filters, a lampwick, an oil feeding material, a polishing materials and medical materials. As fiber materials, polyester(Dacron), acryl(Auron) or polytetrafluoro-ethylene(Teflon) are used. Nonwoven fabric by needle punch method is used for carpet, which is manufactured by many companies including felt manufacturers.

Stitch method where web is stitched by sewing machine or knitting machine has been developed in Europe, typical ones of the method are Maliwatt in East Germany and Arachne in Czechoslovakia. In Japan the method is still undergoing testing. In using needle punch method, a variety of bonding method are used together with, for example, glue is used for fluff binding, and dipping or spraying method is used for increasing shape stability and strength.

Spinning type was used in old times for manufacturing mat of glass fibers, where the melting glass was transformed to short fibers by using blow-off of a compressed air or high-pressured steam from nozzle, the short fibers were flown through the sprayed glue to land and piled on the conveyer so as to form a mat. In recent manufacturing of spinning type nonwoven fabric, web is formed by arranging spun filaments randomly on the conveyer by using static charge or turbulent airflow, the methods for this have been developed by for example Du Pont in the US or Cal Freudenberg in West Germany. This spinning type nonwoven fabric is drawing people's attention in expectation of new type products. Netty nonwoven fabric made by moving spinning nozzle has been researched and developed. ICI in



Britain recently developed Melded Fiber Technique which makes not only continuous fibers but short fibers available.

A conventional paper machine is also available for manufacturing wet-process nonwoven fabric. Fibrillation method is used for easily fibrillated fibers such as rayon or acryl fiber and bonding by glue or bonding by swelling-by-inorganic-solvent is used for normal synthetic fibers which are hydrophobic. Heat bonding method by mixing in low-melting-point-fibers which function as heat sealer while being dried by drying cylinder. Special fibrous materials functioning as glue were developed as mentioned previously.

### 3. Manufacturing methods of nonwoven fabric

#### 3.1 Dry-process nonwoven fabric

##### 3.1.1 Glue type nonwoven fabric

-----

##### 3.1.2 Mechanical bonding type nonwoven fabrics

###### (A) Needle punching method

In 1955, H.G. Lauterbach revealed the method of making artificial felt that artificial felt was formed by using chemicals or thermal effect after a web of thermal plastic fibers was treated by needle punching. The needle punching machine seems to have been developed by James Hunter (company name) in the US and was already used in our country in around 1935. It is said so-called wool-made needle felt had been made for about 100 years.

Products made by needle-punching hemp or other waste fibers have been used as underlay of carpet, various cushions, heat insulator, sound absorbing material, vibration isolator and the like.

Thus needle punching method has been used for a long time in felt industry and people started to see it in a fresh light as a variety of synthetic fibers and polymer glue, and high-

performance punching machine suitable for the synthetic fibers were developed.

Typical needle punching machines are "Fiber Locker" by James Hunter (company name) in the US and "Needle Room" by Bywater(company name) in Britain. In our country, Ohkuma Tekko (company name), Kotobuki Kogyo(company name) and Torigoe Bohki(company name) are manufacturers of the machine. In Europe, later-described stitching method is more common than the needle punching method.

Needle punching machine has a brief mechanism which is capable of punching fiber-web by needle with barb on its top end portion only when the fiber-web stops while advancing(feeding) fiber-web intermittently, which is constructed by three portions, i.e. feed latches, punching mechanism and web take-up apparatus

Punched web is advanced by predetermined distance only when a needle board pulls back upward. FIG.3.8 illustrates a section of needle-mounted portion. FIG.3.9 shows punching section schematically. There are various needles with various cross sections such as round, square or triangle, and with various barb shapes. The most common one is triangle in the cross section and with 3 barbs on each 3 edge, total 9 barbs. At the beginning, most of the machine was imported one, which leads to use of American needle made by Towrington (company name) or Textile Machine Works (company name). Recently many domestic needles have come to be used as domestic punching machines have been developed.

Specification of "Fiber Locker 8" of James Hunter(company name) is as follows:

Operable width: 2,286m (\*mm ?)      Height: 2.19m  
Maximum Machine width: 4.2m      Machine length: 4.82m  
Needle board area: 2,320mm x 292mm  
Number of needles: 4,140 (180 x 23 row)  
Stroke of needle: 76mm

Stroke speed of needle: 700/min

(note: Up to 550/min recommended for continuous operation)

Specification of domestic machine is shown in TABLE 3.3

TABLE 3.3 Specification of domestic Needle Locker

Width of machine	1,800 (72") - 14,300 (520")
Dimension of needle (length, mm)	76 (3") - 101.6 (4")
Needle planted area (mm)	1,828 x 252 - 14,250 x 232
Number of planted needles	3,312 - 19,040 (144 x 23 rows) (1,120 x 17 rows)
Stroke of needle (mm)	60 - 76
Number of needle strokes ( /min)	80 - 700
Advancing amount by every stroke (mm)	2.5 - 20

FIG.3.10

-----

FIG.3.12

-----

FIG.3.11

-----

These days, endless seamless product can be manufactured due to improvement of punching machine. FIG.3.10 illustrates manufacturing method of the felt of this type (\*endless seamless) for papermaking. FIG.3.11 shows external appearance of domestic Needle Locker. FIG.3.12 is a schematic diagram of an example of production process of needle punch carpet.

Machine with operable width about 2m is usually used and the machine for papermaking has 3-5m operable width. The number of needles is about 4,000 with 2m operable width machine.

The followings seem usual conditions; i.e. advancing amount by every stroke is between 4-7mm, number of needle strokes (punching speed) is between 300-550/min.

Normally, as single punch is not enough to obtain necessary bonding of fibers, several punches are carried out. For this reason, machine having two sets of needle board is manufactured

lately. Also punching direction is not limited to vertical direction but diagonal direction is applied in some machine.

### 3.2 Wet-process nonwoven fabric

Paper is made by process that pulp is beaten in water to be fibrillated, dispersed in water to form a chemical hydration, then dispersion liquid is scooped by net and finally dewatered and dried, where fibrillated fibers are entwined with each other and are bonded by hydrogen bonding between fiber molecules.

Wet-process nonwoven fabric is made from chemical fibers (as raw materials) by using synthetic resin glue in addition to the process similar to papermaking process, which is also called chemical fiber paper or synthetic fiber paper because the property is in general closer to paper rather than to fabric. The wet-process nonwoven fabric has much better performance than ordinary paper, i.e. which has toughness and better moisture-resistance, weather-resistance, chemical-resistance and electrical insulation. These days, as adding drape-property has been researched, nonwoven fabric close to fabric will be made progressively.

TABLE 3.7 indicates features of various manufacturing methods for wet-process and dry-process nonwoven fabrics respectively. Please note, however, TABLE 3.7 just indicates general measure since the features change according to the changes of machine type, web formation method, fiber to be used, kind of glue or finishing manner.

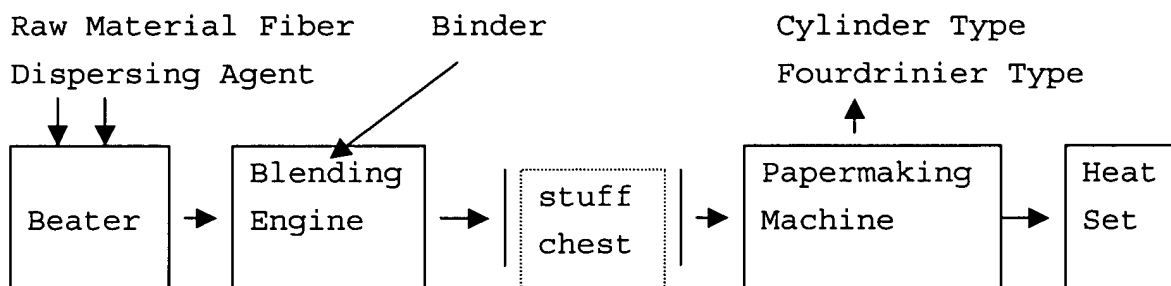
TABLE 3.7 Features of wet-process and dry-process

Manufacturing Method parameters	Wet-process	Dry-process		
	Papermaking type	Glue type	Mechanical bonding type	Spinning type
uniformity	Uniform &	Mottles	Mottles	Depending

	few mottle	are easily made	are easily made	on the method
thickness	Thin one can be made	Relatively thick	Thick	Thin one can be made
Fiber length(mm)	Less than 10	25 - 76	25 - 102	infinite
Manufacturing rate (m/min)	100 - 300	6 - 20	0.5 - 2.5	4 - 5
texture	Paper-like hard	softish	soft	soft
tensile strength	high	low	Somewhat low	high
tearing strength	low	high	high	high

Ordinary papermaking machine is use for manufacturing wet-process nonwoven fabric. The manufacturing process is shown in FIG.3.38

FIG.3.38 Manufacturing process of wet-process nonwoven fabric by papermaking method.



#### (1) Raw material fibers

In papermaking type method, raw material fibers are cut up to less than 10mm. This cutting quality greatly affects a quality of the product. It is rather difficult to cut up the fibers to uniform predetermined length. It should strictly be avoided for continuous or long fiber to remain or exist because the long fiber definitely becomes nucleus to cause fiber lump. If

thermal plastic fibers are used, which may cause the fiber lump because fiber-cutting may generate enough heat to make a fusion bond on the cutting surface. To avoid this, normally fibers are wetted before cutting.

For cutting a bundle of fibers, guillotine cutter and rotary cutter are used. In guillotine cutter, the bundle of fibers is cut up by up-and-down motion cutter. In rotary cutter, the bundle of fibers is cut up in turn by two rotary circular knife blade which are going around axis of revolution. Ability of rotary cutter is 2.5 times that of guillotine cutter.

As raw material fibers, rayon, vinylon, nylon, acryl or polyester is used by itself or in combination depending on the purpose. Rayon is one of most popular raw material fibers for the reason that rayon is manufacture-friendly because of hydrophilicity and easy fibrillation, water-absorbing and having good interlacing property and dye-affinity, gloss, good appearance and cheap price. Rayon is cut up to 4-5mm length, put in the bag before being dried, and supplied. American Viscose (company name) has been developing special fibers such as partially hydrated rayon to be easily beaten, hydrophilic cellulose ether fiber, Avisco' Fiber 776, which is used as adhesion bond by mixing with ordinary rayon and water-soluble rayon RD-101 which is flat and hollow in shape, and self-bonding type.

Vynilon is an important raw material for synthetic fiber paper because of good thermal stability, interlacing property and wear-and-abrasion resistance.

Non-heat-treated and non-acetalized easily-soluble PVA fiber is used as a fibrous binder, which is an intermediate in the vinylon fiber manufacturing process.

Nylon has high elasticity, high tearing strength and flexing life, high wear-and-abrasion resistance and printability with oil-based ink. In particular, folding endurance is the best among the synthetic fiber paper. Use of crimped staple can make the paper bulky and the apparent specific gravity smaller.

Acryl can be easily fibrillated by adding vinyloctylether or sulfurous acid up to 1-3% to the spinning solution, which leads to high strength product without using binder. Acryl is used for the product requiring weather resistance, chemical resistance and mold resistance. The product including 10% PVA fibers as a binder, which is added at papermaking process, has a good electrical insulation, i.e. the electrical resistance is three times that of wood pulp.

As polyester is more rigid than nylon, it is difficult to form a uniform formation. However the product has good electrical insulation, stiffness, great bounce and excellent dimensional stability.

Also polyvinyl chloride fiber and polyolefin fiber can be use as One of raw materials. However those are practically not used in industry because for one thing it is difficult to obtain thin fibers, for another it has high hydrophoby and inappropriate specific gravity (too large with polyvinyl chloride fiber and too small with polyolefin) which causes insufficient dispersion.

Fiber length and fineness of raw material fiber have an important relationship with papermaking process. It is believed that papermaking is generally impossible if the ratio of fiber length to thickness is more than 500 : 1. When short fiber is used, dispersion of the fibers is easy, which makes papermaking easy. However it also makes the product dense and similar to paper. Contrary when long fiber is used, the dispersion is difficult, which makes papermaking difficult, but the product close to fabric can be obtained.

The following experimental formula indicates the relation between the fiber length and the thickness in order to obtain the maximum tensile strength or bursting strength.

$$\text{fiber length (inch)} = 0.2\sqrt{\text{thickness(denier)}}$$

TABLE 3.8 shows fiber length and fineness of nylon and polyester for synthetic fiber paper in the US.